

实用机电工程系列教材



可编程控制器 应用与实验

● 瞿大中 主编

华中科技大学出版社

实用机电工程系列教材

可编程控制器应用与实验

翟大中 主编

华中科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用与实验/瞿大中 主编
武汉: 华中科技大学出版社, 2002 年 12 月
ISBN 7-5609-2852-8

- I. 可...
- II. 瞿...
- III. 可编程控制器-基本知识
- IV. TP332.3

可编程控制器应用与实验

瞿大中 主编

责任编辑: 钟小珉 万亚军

封面设计: 潘 群

责任校对: 蔡晓璐

责任监印: 张正林

出版发行: 华中科技大学出版社 武昌喻家山

邮编: 430074 电话: (027) 87545012

录 排: 华中科技大学出版社照排室

印 刷: 湖北省京山县印刷厂

开本: 787×1092 1/16

印张: 12

字数: 276 000

版次: 2002 年 12 月第 1 版

印次: 2002 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1-2 500

ISBN 7-5609-2852-8/TP·490

定价: 14.80 元

(本书若有印装质量问题, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书从工程实际应用出发,介绍了可编程控制器(PLC)的基本结构、工作方式及技术性能指标。以三菱的FX0N系列为例介绍了该产品的特点、系统配置、技术规格、软元件编号的设定、特殊功能模块及其指令系统;还介绍了PLC控制系统设计方法、步骤及PLC的可靠性与维护。本书还列入了与指令系统的应用程序相配套的实验内容。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校有关专业的教材,也可作为本科少学时相关课程的教材,还可作为电气技术、工业自动化、机电一体化、计算机应用等专业从事PLC工作的工程技术人员的参考书。

前 言

可编程控制器 (PLC) 自 1969 年诞生以来, 以其特有的一系列优点在工业自动控制领域中起着越来越大的作用, 它与机器人、CAD/CAM 并列成为工业自动化的三大支柱。

本教材突出高等职业技术学院及高等专科学校的特色, 兼顾本科少学时相关课程的特点, 在编写时, 简化理论、突出应用、强化操作、深入浅出、通俗易懂。通过调查, 国内大多数企业使用的是三菱公司产品, 我们选择了三菱最新并具有代表性的 FX0N 系列超小型可编程控制器作为样机介绍, 要求学生能编制 PLC 应用软件, 能正确把 PLC 安装在控制系统中, 让其发挥作用。因而本教材的重点在于指令系统、程序编制方法及 PLC 的安装与维护。本教材同时还列入了与指令系统和程序设计相配套的实验内容, 以培养学生实际动手能力。

全书共分七章及附录。第一章可编程控制器概述、第七章 PLC 应用实验由武汉职业技术学院鲍方工程师编写, 第四章 PLC 应用系统的设计、第六章 PLC 控制系统的可靠性和日常维护检查由广西机电职业技术学院高级工程师陈权昌编写, 第五章 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件由武汉职业技术学院姜新桥副教授编写, 第二章 FX0N 系列可编程控制器、第三章 FX0N 系列 PLC 的指令系统由武汉职业技术学院瞿大中副教授编写。本书由瞿大中任主编, 鲍方、陈权昌任副主编。

由于编者水平有限, 书中肯定存在许多不足之处, 敬请读者批评指正, 在此深表感谢。

编者

2001 年 12 月

目 录

第一章 可编程控制器概述.....	(1)
1-1 可编程控制器的产生及发展.....	(1)
1-2 可编程控制器的基本结构.....	(4)
1-3 可编程控制器的工作方式.....	(7)
1-4 PLC 的技术指标及分类.....	(10)
1-5 可编程控制器的编程语言.....	(13)
1-6 可编程控制器的系统设计.....	(16)
习题与思考题.....	(17)
第二章 FX0N 系列可编程控制器.....	(18)
2-1 FX0N 系列 PLC 的特点及系统配置.....	(18)
2-2 FX0N 系列 PLC 软元件编号的设定.....	(23)
2-3 FX0N 系列 PLC 特殊功能 I/O 模块.....	(35)
习题与思考题.....	(39)
第三章 FX0N 系列 PLC 的指令系统.....	(40)
3-1 基本指令.....	(40)
3-2 步进顺控指令.....	(50)
3-3 功能指令.....	(55)
第四章 PLC 应用系统的设计.....	(78)
4-1 系统设计的方法和步骤.....	(78)
4-2 程序设计的基本方法和编程原则.....	(80)
4-3 基本电路编程.....	(84)
4-4 PLC 应用实例.....	(91)
习题与思考题.....	(100)
第五章 SWOPC-FXGP / WIN-C 编程软件.....	(101)
5-1 SWOPC-FXGP / WIN-C 编程软件简介与安装.....	(101)
5-2 FXGP-WIN-C 编程软件.....	(102)
5-3 编程和监控运行.....	(106)
习题与思考题.....	(110)
第六章 PLC 控制系统的可靠性和日常维护检查.....	(111)
6-1 系统的可靠性保障措施.....	(111)
6-2 PLC 控制系统的试运行及维护检查.....	(115)
习题与思考题.....	(117)

第七章 PLC 应用实验	(118)
7-1 PLC-III 可编程控制器概述	(118)
7-2 FX-10P-E 手持式编程器及其使用	(122)
7-3 可编程控制器实验指导	(129)
实验一 键盘及编辑指令	(129)
实验二 与、或、非基本逻辑指令	(132)
实验三 置位、复位及脉冲指令	(134)
实验四 栈及主控指令	(136)
实验五 定时器、计数器指令	(139)
实验六 步进顺控指令(选择、并行分支)	(141)
实验七 跳转、比较、传送指令	(144)
实验八 四则运算与逻辑运算指令	(146)
实验九 移位数据指令	(147)
实验十 加工中心刀具库选刀控制	(149)
实验十一 电动机正反转及能耗制动	(150)
实验十二 八段码显示	(151)
实验十三 交通灯信号控制	(153)
实验十四 水塔水位自动控制	(155)
实验十五 自动轧钢机控制	(156)
实验十六 自动送料系统	(157)
实验十七 多种液体混合	(159)
实验十八 礼花之光	(162)
实验十九 电梯控制	(163)
实验二十 产品自动检测分拣控制	(169)
实验二十一 模拟量输入、输出实验	(173)
实验二十二 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件使用	(175)
 附录 FX 系列 PLC 主要指标、指令汇总、	
特殊元件及系统配置	(177)
参考文献	(183)

第一章 可编程控制器概述

本章简述了可编程控制器 (PLC) 概况, PLC 的产生、特点、应用及其发展趋势, 从应用的角度出发介绍了它的最基本结构和工作方式, 提出了 PLC 控制系统的设计框架, 使读者对 PLC 应用整体有一个了解, 并介绍了 PLC 的分类、技术指标和编程语言。

1-1 可编程控制器的产生及发展

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称为 PC, 但 IBM PC 机和个人计算机 (Personal Computer) 也简称为 PC, 为避免混淆, 大多数人仍沿用原来可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller) 的缩写 PLC。30 多年来, PLC 从原来具有逻辑控制、顺序控制等功能, 发展到现在已具有模拟量输入/输出、定位控制、旋转角度检测、高速计数、数据处理、联网通信等功能, 已成为现代工业控制三大支柱 (PLC、机器人和 CAD/CAM) 之首。1987 年 2 月国际电工协会 (IEC) 对可编程控制器定义为: “可编程控制器是一种把数字运算与控制操作为一体的电子控制系统, 专为在工业环境下应用而设计, 它采用可程序的存储器, 用于其内部存储程序, 执行逻辑控制、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令, 并通过数字式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关的外部设备, 都按易于与工业控制系统联成一个整体, 并易于扩充功能的原则设计。”

一、可编程控制器的产生

PLC 是在激烈的市场竞争中产生的, 20 世纪 60 年代末, 美国汽车制造业竞争激烈。为适应生产工艺不断更新的需要, 美国通用汽车公司 (GM) 对控制系统提出要求为: (1) 能替代由各种继电器、定时器、接触器及其主令电器等按一定的逻辑关系用导线连接起来的控制系统, 即传统的继电-接触器控制, 它简单易懂, 价格低廉, 能够满足生产工艺改动频繁的需要; (2) 编程简单; (3) 模块式结构; (4) 输入、输出电压为交流 115V (美国标准), 输出能直接驱动继电器和电磁阀; (5) 抗电磁干扰强; (6) 具有数据通信功能。就是把继电-接触器控制的优点与计算机的功能齐全、灵活性、通用性强的特点结合起来, 用计算机的编程软件逻辑易于修改来代替继电-接触器控制的硬接线逻辑不易修改。美国数字设备公司 (DEC) 在 1969 年根据上述要求, 研制出世界上首台可编程控制器, 并在美国通用汽车公司的汽车装配线上应用成功, 实现了生产装配线的自动控制。

二、可编程控制器的特点与应用

1. 可编程控制器的特点

PLC 能适应工业现场的恶劣环境, 可靠性高 (平均无故障工作时间可达数万小时, 甚至十几万小时)。在工业生产中一般要求控制设备具有很强的抗干扰能力 (例如: 抗振频率 $\leq$

16 Hz, 振幅为 3mm; 工作温度为 10~55℃; 湿度为 35%~90%RH, 无凝结)。而 PLC 在这方面有独到之处: 硬件上采用光电隔离装置以防止输出对输入的反馈干扰; 采用屏蔽措施以防止空间电磁干扰(对高频干扰信号起到良好的抑制作用, 抗干扰强度为: 峰值 ≤ 1000 V, 脉宽为 10 μ s 的矩形波); 设置滤波环节, 以消除外部干扰和各模块之间的影响; 采用连锁及互锁控制、自诊断电路和模块式结构等措施, 以提高硬件的可靠性及模块的互换性; 在软件上采用了故障自检测、自诊断等措施。

PLC 软件简单易学。它用梯形图(Ladder Diagram)编程语言编程, 类似于继电器控制线路图。读者只要具有继电器控制线路方面的知识, 就可以很快学会编程和操作, 不存在计算机技术和传统电气控制技术之间的专业“鸿沟”, 特别适合于现场电气工作者使用。

PLC 使用方便。PLC 品种繁多, 系统扩展灵活。它采用积木式结构, 具有各种 I/O 模块和 A/D、D/A 模块等, 便于根据需要配置成各种不同规模的分布式或集中式的控制系统。PLC 的输入口可与触点式开关直接相接, 输出口与执行元件(接触器、电磁铁等)相接, 即在 PLC 的端子上接相应的输入、输出信号线即可, 使用非常方便。当控制要求改变时, 要变更控制系统的功能, 可用编程器修改程序。同一 PLC 装置还可用于不同的受控对象, 只是输入、输出组件和应用的软件不同而已。PLC 的输入、输出可直接与电压为交流 220 V 或直流 24 V 的强电相连, 并有较强的带负载能力(如继电器输出电流为 2A)。

PLC 体积小, 重量轻, 便于安装。它还配有自检和监控功能, 能检测出自身的故障, 并随时显示给操作人员; 能动态地监视控制程序的执行情况, 为现场的调试和维护提供了方便。此外由于接线少, 维修时只需更换插入式模块, 维护方便。

2. PLC 的应用概况

由于 PLC 具有上述一系列优点, 目前在工业控制中广泛用于以下三种控制: (1)开关量顺序、逻辑控制: 即代替继电器-接触器控制系统, 如冶金行业中的高炉上料系统, 轧钢机、连铸机、飞剪等的控制系统; 机械工业中各种自动生产线、自动加工机床、机械手、龙门铣床等的控制; 轻工业中的注塑机、包装机、食品机械的控制以及日常生活中的电梯控制等; 化工行业中的各种泵、电磁阀的控制等。(2)模拟量控制: 各种生产过程的自动控制中对温度、压力、流量等连续变化的模拟量进行的监测、调节控制。(3)数据采集、分析和处理: 自动控制系统中要求具有数据采集、算术运算、函数运算、逻辑运算、数据传送、转换、排序和查表及位操作等功能。

上述优点使可编程控制器深受工程技术人员的欢迎, 在工业控制中得到广泛的应用。在我国, PLC 的应用近几年发展迅速。首先应用于一些大中型现代化工厂的引进工程上, 如上海宝山钢铁公司一、二期工程中就使用了 PLC 共 857 台。武汉钢铁公司和首都钢铁公司在改造控制上最繁琐的高炉继电器-接触器控制系统的过程中, 采用多台 PC-584 和 S5-115U 可编程控制器, 并取得明显效果。在东风汽车公司(原第二汽车制造厂)应用了日本欧姆龙公司的 PLC, 百威啤酒(武汉)公司使用了德国西门子公司的 PLC, 均取得了明显的经济效益。

在老企业旧设备的技术改造上, PLC 的应用比较广泛, 而且已取得可喜的经济效益。如武昌造船厂, 汉阳特种汽车厂把日本三菱公司的 F1-60RM 型 PLC 应用于龙门刨床的技术改造获得成功, 它简化了控制线路, 缩小了电控装置的体积, 节约了电能, 提高了工作效率和可靠性。

在新产品的设计方面, PLC 的应用不断扩大, 特别在机械制造行业中发展较快。如南京第二机床厂把 PLC 首先应用在 YW4332 型万能剃齿机上取得成功, 提高了机床的加工能力。

三、可编程控制器的发展趋势

20 世纪 80 年代, PLC 已进入成熟阶段, 向大规模、高速度、高性能和多功能方面发展。各公司进一步完善现有产品并开发系列新产品, 不断向上发展与计算机系统兼容的 PLC。三菱公司在 F1、FX2、A 系列的基础上推出了小型遥控的 FX2C 系列, 其基本指令的处理速度加快到 0.48ms/千步, 控制距离达 100m (最远达 400m)。还有超薄型的 FX0N 系列。西门子公司在 S5 系列的基础上, 又推出微型高性能的 S7 系列。包括 S7-200 系列 (小型)、S7-300 系列 (中型) 和 S7-400 系列 (大型), 在软硬件上提高了集成度, 提高了性能价格比。

我国在引进成套设备和整机的同时, 也进行了 PLC 的开发和应用研究, 引进了 PLC 的生产线。1986 年, 辽宁无线电二厂引进德国西门子公司的 S5-101U 和 S5-115U 可编程控制器的生产线; 1988 年, 厦门引进美国 A-B 公司的可编程控制器生产线。今后我国的 PLC 研制及应用水平将以更快的速度发展, 从而把我国自动化水平大大地向前推进一步。

目前我国市场上常见的可编程控制器有: 美国的 M84、584、PLC-500 系列等, 日本的 F1、FX2、A、FX0N、C、EX 系列等, 德国的 S5、S7 系列等。

可编程控制器产品及其性能请参阅表 1-1。

表 1-1 可编程控制器按容量及功能分类表

类 型		小 型	中 型	大 型
性 能				
I/O 点数		256 点以下	256~2048 点	2048 点及以上
存储器容量		0.5~2KB	2~64KB	64KB 以上
CPU		单 CPU, 8 位微处理器	双 CPU, 16 位字处理器和 32 位位处理器	多 CPU, 32 位字处理器、位处理器和浮点处理器
扫描速度		10~60ms/千步	10~60ms/千步	1.5~5ms/千步
内 部 元 件	辅助继电器	8~256 个	256~2048 个	2048~8192 个
	定时器	8~64 个	64~256 个	256~1024 个
	计数器	8~64 个	64~256 个	256~1024 个
智能 I/O(特殊功能模块)		少	有	有
联网能力(通信功能)		有	有	有
主要用途		逻辑运算、定时、计数、简单的算术运算、比较、数制转换	逻辑运算、定时、计数、寄存器和触发器功能。算术运算、比较、数制转换、三角函数、开方、乘方、微分、积分、积分、实时中断	逻辑运算、定时、计数、寄存器和触发器功能。算术运算、比较、数制转换、三角函数、开方、乘方、微分、积分、PID、实时中断、过程监控、文件处理
编程语言		梯形图、指令 (语句) 表	梯形图、流程图、指令 (语句) 表	梯形图、流程图、指令 (语句) 表、图表语言、实时 BASIC

四、本课程的性质与任务

本课程为工业自动化或机电一体化专业的专业课，也可作为微机应用专业的选修课。

本课程的任务是使学生从应用角度出发，掌握 PLC 的基本结构及原理，以及典型 PLC 的指令系统及编程方法。通过以日本三菱电机公司的最新超薄型可编程控制器 FX0N 为模型讲述 PLC 控制系统的设计及使用方法，以求达到举一反三，能初步应用 PLC 于工程实践中的目的。

1-2 可编程控制器的基本结构

可编程控制器是一种工业控制微型计算机，它的结构原理与微型计算机相似。硬件构成有微处理器、存储器和各种输入、输出接口。系统程序（操作系统）和接口器件又与微机不同，这使它的操作使用方法、编程语言、工作方式等与微型机有所不同。PLC 是用微处理器实现继电器、定时器和计数器以及 A/D、D/A 模拟转换器件的组合体的功能，采用软件编程进行它们之间的联系。其基本系统结构框图如图 1-1 所示。

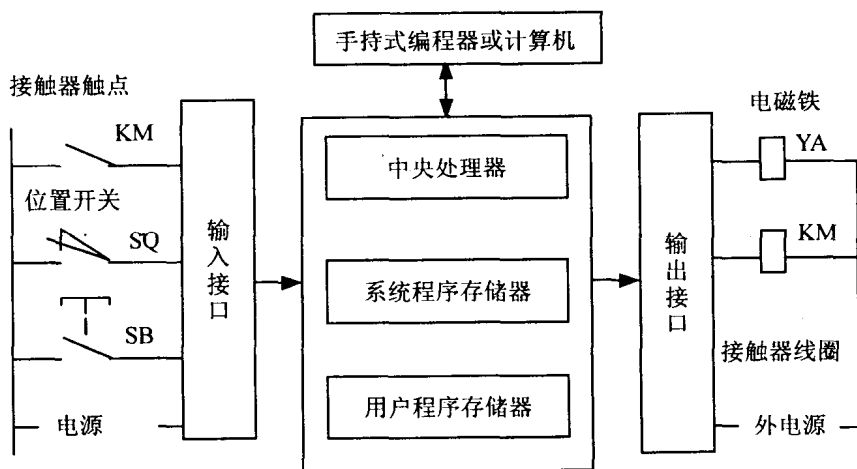


图 1-1 PLC 的结构框图

PLC 基本组成包括 CPU、存储器和 I/O 口。输入信号经 I/O 口传至 CPU，CPU 按用户程序存储器的指令，执行逻辑或算术运算，并发出相应的控制指令，该指令经 I/O 口传送至输出器件，驱动相应的执行机构动作，来完成相应的控制任务。

一、中央处理单元（CPU）

中央处理单元又称 CPU，是 PLC 的核心，主要由微处理器和存储器两部分组成。CPU 在 PLC 控制系统中的作用类似人脑，是 PLC 的运算、控制中心，用于实现逻辑运算、算术运算，并对全机进行控制。

微处理器可采用单 CPU、双 CPU 或多 CPU，通常用 8 位、16 位、32 位 CPU 芯片如 Z80A、8031、8085、8086、80286 等专用 CPU 芯片，还可加专用逻辑处理芯片和处理位信号的位处理器。配上总线以便 CPU 与内存及 I/O 口交换数据。CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理控制

信号的能力与速度。运算速度及信息处理量的提高，依赖于高性能的 CPU 芯片。

CPU 按 PLC 系统程序所赋予的功能，完成以下任务：

- (1) 接收并存储从手持式编程器键入的用户程序和数据或计算机输入的梯形图信息，并存入 CPU 的指令寄存器中。
- (2) 用扫描的方式接收现场输入的状态或数据，并存入输入状态寄存器或数据寄存器。
- (3) 显示自诊断电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误等。
- (4) PLC 进入运行状态 (RUN)，从存储器中逐条读取用户程序，经指令解释后，执行指令操作，发出相应的控制信号，启闭有关控制电路，分时、分渠道地执行数据存取、传送、组合、比较和转换等，完成用户程序中编制的逻辑运算或算术运算等任务。
- (5) 根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出状态寄存器或数据寄存器的内容，再由输出状态寄存器或数据寄存器中的有关内容实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。
- (6) CPU 除顺序执行程序外，还能接收 I/O 口送来的中断请求，并进行中断处理。中断处理完后，再返回主程序，继续顺序执行。

二、存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路，用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和数据信息。它包括可随机存取的随机存储器 (RAM) 和只能读出的只读存储器 (ROM)。

1. 只读存储器 (ROM)

ROM 内容是由 PLC 厂家写入的系统程序，并永久保留；必要时亦可更改。系统程序一般有：

- (1) 检测程序：PLC 加电，先由检查程序检查 PLC 各部件操作是否正常，并将检查结果显示。
- (2) 翻译程序：将用户键入的控制程序变换成由微电脑指令组成的程序，然后执行，还可对用户程序进行语法检测。
- (3) 监控程序 (总控程序)：根据需要调用相应的内部程序。若编程器选 RUN 运行工作方式，则监控程序将调用启动运行程序。

2. 随机存储器 (RAM)

RAM 是读写存储器，即用户写入的程序。读出时，RAM 中的内容不被破坏；写入时，新写入的信息就覆盖原有信息。使用专用锂电池对 RAM 断电后供电，使 RAM 中的信息保持不变。RAM 中一般有：

- (1) 用户程序 (也称软件)：PLC 选择 (STOP 或 PROGRAM) 编程工作方式时，用手持式编程器、计算机键盘输入的程序经处理后放入 RAM 的低地址区。
- (2) 功能存储器：用于存放逻辑变量，如输入、输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器、定时器、计数器、移位继电器等。
- (3) 内部程序使用单元：不同型号 PLC 的存储器容量不同，如输入、输出继电器的数量，保持继电器的数量，定时器、计数器的数量和允许用户程序的最长字等 (二进制 16 位为一个字的单位，有时也将“字”称为“步”)。用户存储器的数据区存放 (记忆) 用户程序的 ON/OFF 状态、数值、数据等。存储器构成了 PLC 的各种内部器件，也称软器件。用户存储器容量的大小，关系到用户程序的“步长” (FX0N 为 2000 步) 和内部器件的多少，是反映 PLC 性能的指标之一。

三、输入/输出模块 (I/O 模块)

输入/输出模块, 也称 I/O 模块, 它是 PLC 与外界接口, 如图 1-2 所示。

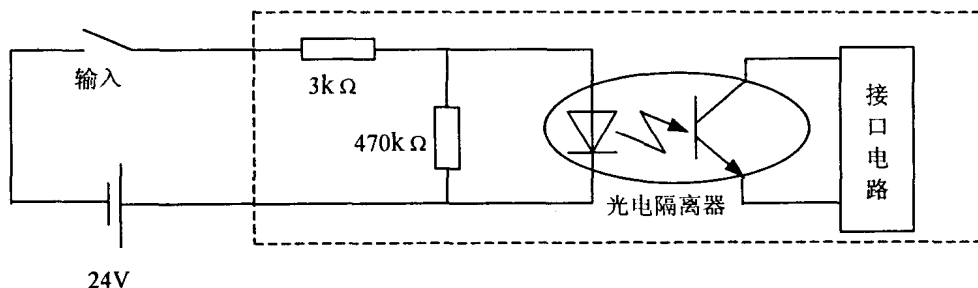


图 1-2 光电耦合隔离输入原理图

输入模块接收和采集两种类型的输入信号：一类是由按钮 (SB)、选择开关 (SA)、行程开关 (SQ)、继电器触点 (KA)、接近开关、光电开关、数字式拨码开关等数字式的开关量输入信号 (通、断)；另一类是由电位器、测速发电机和各种变送器等送来的连续变化的模拟量输入信号。

为了防止现场强电干扰 PLC，常采用光电耦合器与输入信号相连。光电耦合电路的关键是光电耦合器，它由发光二极管及光敏元件 (光敏二极管、光敏三极管、光敏可控硅和光敏电阻) 等组成。

光电耦合器的信号传感原理：当输入端加上变化的电信号，发光二极管就产生与输入信号变化规律相同的光信号。光敏元件 (如光敏三极管) 在光信号的照射下导通，导通程度与信号的强弱有关。在其线性区，输出信号与输入信号是线性关系。

光电耦合器的抗干扰性：由于输入、输出端是靠光信号耦合的，而电气上是完全隔离的，因此输出端的信号不会反馈到输入端，也不会产生共地线 (共模) 干扰或其他串扰。

发光二极管的正向阻抗值较低，外界干扰源的内阻一般较高，干扰源能馈送到输入端的干扰噪声很小。PLC 在现场输入环节采用了光电耦合，更增强了抗干扰能力。

另外，还有输入接口电路 (输入模块)，它由数据输入寄存器、选通电路和中断逻辑电路构成。输入信号经过光电耦合器送到输入数据寄存器，然后通过数据总线送给 CPU。

输出模块由输出接口电路和功率放大电路组成。输出接口电路由输出数据寄存器、选通电路和中断请求电路组成。CPU 经过数据总线把输出的信号送到输出数据寄存器中，通过功率放大电路，将输出的信号加以放大，驱动 PLC 的继电器、可控硅和晶体管的输出。

此外，PLC 还有其他功能的 I/O 模块，如串 / 并行变换、数据传送、误码校验、A / D 或 D / A 变换以及一些智能模块，如各种通信模块、中断输入模块、ASCII / BASIC 模块、高速计数、远程 I/O 控制以及单轴伺服电动机定位、两轴 (步进电动机) 数控等专用模块。

手持式编程器由键盘、显示器等组成。PLC 是通过程序对外部进行控制的，必须有程序输入。帮助编程的设备有手持式编程器和计算机编程软件。PLC 可用编程器键入用户的应用程序，写入 PLC 的 RAM 中，进行指令的写入、读出、插入、删除等基本操作，并对 PLC 进行编程、监控、调试、编辑、各种信息的显示及对外部存储器进行存储等。系统正常运行时通常不需编程器。

四、电源部件

CPU 的工作电压是 5V（而 PLC 外部的 I/O 信号电压为直流 24V 或交流 220V）。PLC 内部电源是整机的能源供给中心，它的好坏直接影响 PLC 的功能的可靠性，目前大部分 PLC 内部采用开关式稳压电源，用锂电池作停电时的程序信息保护电源。

1-3 可编程控制器的工作方式

PLC 有微型计算机（简称微机）的许多特点，但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式。而 PLC 则采用循环扫描方式，用户程序按顺序存放，CPU 从第一条指令开始执行直到结束符后返回第一条指令，如此往复循环。这种工作方式是在系统软件控制下，顺次扫描各输入点的状态，按用户程序进行运算处理，然后顺序向输出点发出相应的控制信号。其工作过程可分为五个阶段，如图 1-3 所示。

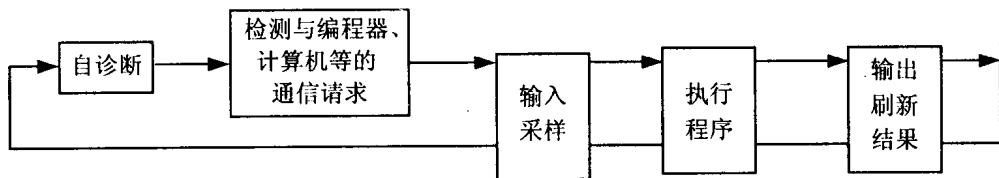


图 1-3 PLC 的工作过程框图

一、扫描周期

PLC 的扫描工作过程如下：

- (1) 每次扫描首先执行自诊断程序。自诊断内容为检查 I/O 部分、存储器、CPU 等，发现异常时，应停机显示出错。
- (2) PLC 检测是否有与编程器、计算机等的通信请求，若有则进行相应处理，如接收编程器的程序、命令和各种数据，并把状态、数据、出错信息等送给编程器或计算机显示。如有计算机等的通信请求，也在这段时间内完成相应的数据接收、发送和显示等。
- (3) PLC 的中央处理器对各输入端进行扫描，将输入端的状态送到输入状态寄存器，即输入采样阶段。
- (4) 中央处理器将指令逐条调出并执行，并对输入和原输出状态（或数据）进行“处理”，即按程序对数据进行逻辑、算术运算，再将结果送到输出状态寄存器，即程序执行阶段。
- (5) 当所有指令执行完后，集中把输出状态寄存器的状态通过输出寄存器送到输出端，即输出刷新阶段。

PLC 经过以上五个阶段的工作过程，称为一个扫描周期。完成一个周期后，又重新执行上述过程，扫描周而复始地进行。扫描周期是 PLC 的重要指标之一。运行时常不与编程器等通信，则扫描周期为

$$T = (\text{读入一点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出一段时间} \times \text{输出点数}) + \text{自诊断时间}$$

显然, 扫描时间主要取决于程序的长短, 一般每秒钟可扫描数十次以上, 这对工业设备通常没有影响。但对控制时间要求较严格, 响应要求较快的系统, 就要精确计算响应时间, 合理安排指令的顺序, 以尽可能减少扫描周期造成的延时等不良影响。

PLC 与继电-接触器控制的重要区别之一是工作方式不同。继电-接触器控制是按“并行”方式工作的, 有可能几个电器同时动作。而 PLC 是按反复扫描方式工作的, 即按“串行”方式工作。它避免了继电-接触器控制的触点竞争和时序失配而容易造成逻辑控制混乱的问题。

二、自检操作

在每次扫描程序前都要对 PLC 及其系统作一次自检。若发现异常, 除了使显示灯 (ERROR) 亮之外, 还应判断故障的性质, 如属于一般性故障, 则只报警不停机, 等待处理; 而对于严重故障, 则切断 PLC 与外界的一切联系, 停止用户程序的执行。

三、数据输入/输出操作

数据输入/输出操作即 I/O 状态刷新。输入刷新是对 PLC 的输入进行一次读取, 将输入端的状态重新读入 PLC 内部寄存器; 输出刷新则是将新的运算结果送到 PLC 的输出端。在 PLC 的存储器中, 有专门存放 I/O 数据的区域。对应输入端子的为输入映像存储器, 对应输出端子的为输出映像存储器。当 CPU 采样时, 输入信号由缓冲区进入映像区, 这就是数据输入的状态刷新。当 CPU 输出时, 将映像区的内容送到输出寄存器, 即数据输出的状态刷新。由 I/O 映像存储器中的内容即构成了当前 I/O 状态。

通常把输出寄存器, 称“软继电器”, 就是存储器中的一位触发器, 其 0、1 对应继电器的断与通。因为传统继电器控制系统中, 输出是由电器元件加导线连接而成的电路, 而 PLC 中是用微处理器和存储器来代替继电器控制线路, 即通过用户程序来控制这种“继电器”的断与通, 所以将这种继电器称为“内部继电器”。

输入操作实际上是输入采样信号, 即刷新输入状态存储器的内容; 输出操作则是送出处理后的结果, 即按输出状态存储器的内容刷新输出电路。PLC 在每次扫描中会将保存输入和输出状态的寄存器的内容进行一次更新。数据的输入和输出如图 1-4 所示。

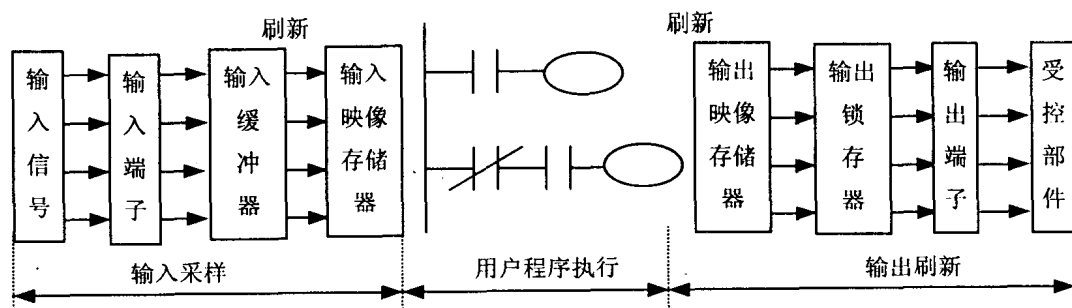


图 1-4 数据输入和输出示意图

由输入和输出操作的过程可以看出, 在 I/O 刷新期间如输入变量状态发生变化, 则在本次扫描期间, PLC 的输出也会发生相应的变化, 输出对输入产生了立刻响应。但如在本次 I/O 刷新之后, 输入变量才发生变化, 则本次扫描期间 PLC 的输出保持不变。只有下一次扫描期

间输出才对输入产生响应。PLC 根据用户程序对当前输入状态进行处理，其结果是放在输出映像存储器中。在程序执行结束时，PLC 才将输出状态存储器的内容通过锁存器输出到端子上。刷新后的输出状态，要保持到下次刷新为止。这种循环扫描工作方式存在着信号的滞后现象。

四、用户程序执行操作

这里包括执行与监视两部分。

1. 执行用户程序

PLC 在循环扫描时，每一扫描周期都按顺序从用户程序的第一条指令开始，逐条地（遇跳转指令除外）解释和执行，直到执行到 END 指令才结束本次扫描。程序计算都是以当前的 I/O 状态寄存器中的内容为依据，其结果都送至相应的输出存储器中。上面的结果作为下面计算的依据，只有执行完用户程序后的 I/O 状态才是该系统的确定状态，作为输出锁存器的依据。

2. 监视用户程序

PLC 有监视定时器 WDT (Watch-Dog Timer, 即“看门狗”), 它用来监视程序执行是否正常。每次执行程序前复位 WDT 并开始计时, 正常时, 执行一遍用户程序的所需时间是不会超过某一值的。若扫描失控或进入死循环, 则 WDT 会发出超时报警信号, 使程序重新开始执行。此时, 如为偶然因素造成超时, 系统便转入正常运行; 如为不可恢复的确定性故障, 则系统会在故障诊断及处理操作中发现这种故障, 于是发出故障信号, 并切断一切外界联系, 停止用户程序的执行而等待处理。

五、响应外设的请求命令

外设命令是可选操作, 也可与其他系统进行通信, 它不会影响系统的正常工作, 而更有利于系统的控制和管理。

PLC 每扫描周期内执行完用户程序后, 如遇外设命令的请求操作, 就执行。操作完, 结束本次扫描周期, 再开始下一次扫描周期。

六、注意点

(1) 由于 PLC 是以循环扫描的方式执行操作的, 其输入/输出信号间在逻辑关系上, 存在着原理上的滞后现象。扫描周期越长, 其滞后现象越严重。

由于 PLC 扫描周期一般只有几十毫秒或更少, 两次采样之间的时间很短, 即输入信号一变化就能立即进入输入状态存储器。同样, 对于变化较慢的控制过程来说, 也可以认为输出信号是及时的。但对控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统, 就必须考虑滞后现象所引起的响应延迟等不良影响。

(2) 扫描周期除了包括执行用户程序所占用的时间外, 还包括系统管理操作所占用的时间。如果考虑到 I/O 硬件电路的延时, PLC 的响应滞后将比扫描滞后更大。输入/输出响应滞后不仅与扫描方式和硬件电路的延时有关, 还与程序设计指令的安排有关。为了缩短扫描周期以提高响应速度, 可采用分时、分批的程序设计方法。

PLC 最基本的工作方式是循环扫描的方式。就是在具有快速处理的高性能 PLC 中,其主程序还是以循环扫描方式被执行的,所以,本节所述的这些问题是学习和掌握 PLC 及其应用的关键问题,应该加以重视。

1-4 PLC 的技术指标及分类

各厂家的 PLC 产品技术性能各不相同,各有特色,现只介绍一些基本的技术性能。

一、PLC 的技术指标

(1) 输入/输出点数(即 I/O 点数)。输入/输出点数是指 PLC 外部输入、输出端子数。这是最重要的一项技术指标。

(2) 扫描速度。一般以执行 1000 步指令所需的时间来衡量,故单位为 ms/千步或 $\mu\text{s}/$ 步。目前扫描速度为 1.5~60ms/千步,最高为 0.48ms/千步。

(3) 内存容量。以 PLC 能存放多少用户程序来衡量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放(一条指令往往不止一“步”)的,一“步”占用一个地址单元,一个地址单元一般占用两个字节。

(4) 指令条数。这是衡量 PLC 软件功能强弱的主要技术指标。PLC 具有的指令种类越多,说明其软件功能越强。

(5) 内部寄存器。PLC 内部有许多寄存器用以存放状态变量、中间结果、数据等,还有许多供用户使用的辅助寄存器。这些辅助寄存器常可提供许多特殊功能以简化整个系统的设计。因此寄存器的配置及容量常是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

(6) 高功能模块。PLC 除了主控模块外还可以配备各种高功能模块。主控模块实现基本控制功能,高功能模块则实现某种特殊的专门功能。高功能模块的多少、功能强弱是衡量 PLC 产品水平高低的一个重要指标。高功能模块有:A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、速度控制模块、位置控制模块、轴定位模块、温度控制模块、远程通信模块、高级语言编辑模块以及各种物理量转换模块等等。这些高功能模块使 PLC 不但能进行开关量顺序控制,而且能进行模拟量控制,进行精确的定位和速度控制,还可以与计算机进行通信,直接用高级语言进行编程。

二、可编程控制器的分类

了解 PLC 的结构类型以便根据系统控制的要求进行选型。PLC 的类型多,型号各异,规格不同,一般按以下原则分类。

1. 根据结构形状分类

PLC 可分为整体式和机架模块式两种。

(1) 整体式。整体式结构的 PLC 是将中央处理器、电源部件、输入和输出部件集中配置在一起,结构紧凑、体积小、重量轻、价格低,小型 PLC 常用这种结构,适用于工业生产中的单机控制或者联网群控。小型 PLC 的主要型号有三菱 F1、F2、FX2、FX0N 等系列,OMRON (立石) C 系列 P 型袖珍机,西门子 S7 系列等。

(2) 机架模块式。机架模块式 PLC,是将各模块如中央处理器模块、电源模块、输入模